

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-005975

(43)Date of publication of application : 14.01.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 04-162476

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 22.06.1992

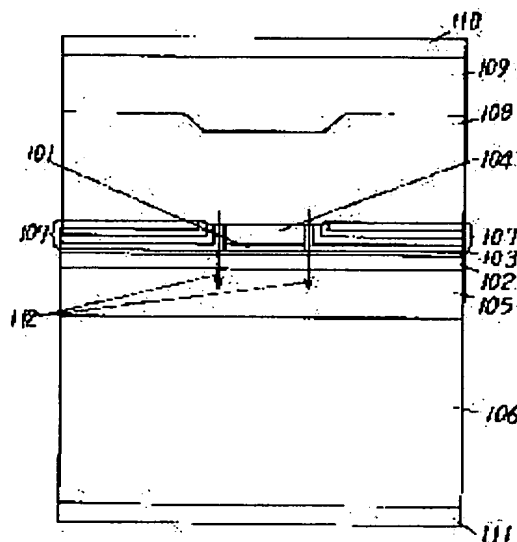
(72)Inventor : MORI YOSHIHIRO
OTSUKA NOBUYUKI

(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a semiconductor laser which has excellent heat dissipation, and in which a basic mode is maintained even in a high output operation, a leakage current can be reduced, an excess heat generation can be suppressed, and much higher optical output than prior art can be resultantly stably emitted.

CONSTITUTION: An etching stop layer 103 is provided on a boundary between an active layer 101 and a waveguide layer 102 or in the waveguide layer, and an upper layer from the layer 103 is formed in a stripelike mesa. Then, different conductivity type thin film layers are alternately laminated on the side face of the mesa and the front surface of the layer 103 to form a current blocking layer 107. A thickness of the layer 103 is so reduced in the degree as not to disorder an intensity distribution of a laser light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.03.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.12.1997

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-5975

(43)公開日 平成6年(1994)1月14日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数10(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平4-162476

(22)出願日 平成4年(1992)6月22日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 森 義弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 大塚 信之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小鍛治 明 (外2名)

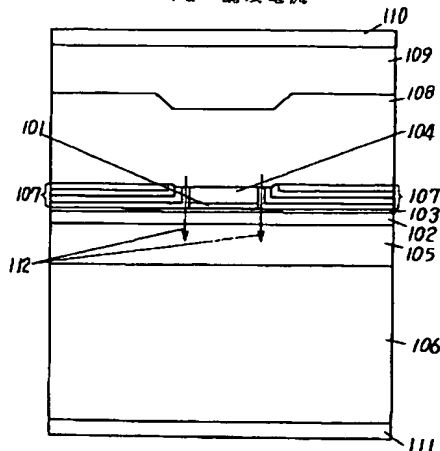
(54)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 放熱に優れ、高出力動作下でも基本モードが維持され、漏洩電流が低減でき余分な発熱を抑えることが出来、その結果、従来より遥かに高い光出力を安定して出射する半導体レーザを得る。

【構成】 活性層101と導波層102の界面或いは導波層中にエッチングストップ層103があり、このエッチングストップ層より上の層はストライプ状のメサに加工される。次いで、メサの側面と前記エッチングストップ層103の表面に、相異なる導電型の薄膜層が交互に積層されて成る電流阻止層107が形成される。エッチングストップ層の厚みは、レーザ光の光強度分布を乱さない程度に薄い。

101 活性層
102 導波層
103 エッチングストップ層
104 p型InPクラッド層
105 n型InPクラッド層
106 n型InP基板
107 電流阻止層
108 p型InP外部クラッド層
109 p型InGaAsコンタクト層
110 p型電極
111 n型電極
112 漏洩電流



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基体上の導波層の表面に形成されたエッチングストップ層の上に、活性層とその上のクラッド層より成るストライプ状のメサが選択的に形成され、前記メサの側面と前記エッチングストップ層の表面に、相異なる導電型の薄膜層が交互に積層されて成る電流阻止層が形成されており、前記エッチングストップ層の厚みが、導波するレーザ光の垂直方向の光強度分布を乱さない程度に薄く、前記導波層の屈折率が前記半導体基体と前記電流阻止層より高いことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】半導体基体上の第1の導波層の表面に形成されたエッチングストップ層の上に、第2の導波層とその上の活性層とさらにその上のクラッド層より成るストライプ状のメサが選択的に形成され、前記メサの側面と前記エッチングストップ層の表面に相異なる導電型の薄膜層が交互に積層されて成る電流阻止層が形成されており、前記エッチングストップ層の厚みが、導波するレーザ光の垂直方向の光強度分布を乱さない程度に薄く、前記導波層の屈折率が前記半導体基体と前記電流阻止層より高いことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】エッチングストップ層の厚みが、半導体レーザ中でのレーザ光の波長の約20分の1以下であることを特徴とする請求項1から2記載の半導体レーザ。

【請求項4】活性層がInGaAsPの単層或はInGaAs(P)を井戸層に持つ量子井戸構造より成り、導波層が活性層より禁制帯幅が広いInGaAsPより成り、半導体基体とクラッド層とエッチングストップ層がInPより成ることを特徴とする請求項1から3記載の半導体レーザ。

【請求項5】薄膜層がInPより成ることを特徴とする請求項4記載の半導体レーザ。

【請求項6】エッチングストップ層の厚みが、約20nm以下であることを特徴とする請求項4と5記載の半導体レーザ。

【請求項7】活性層とその上下に位置する第1第2のクラッド層を少なくとも持つストライプ状のメサと、前記メサの側面に形成された電流阻止層を少なくとも持つ構成に於て、電流阻止層は第1と第2の互いに組成の異なる薄膜層が交互に積層されて成り、且つ導電型が途中で少なくとも1回反転しており、前記電流阻止層の等価屈折率が前記クラッド層より高く、且つ前記メサの等価屈折率より低いことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項8】第1と第2の薄膜層の厚みが、半導体レーザ中でのレーザ光の波長の約10分の1以下であることを特徴とする請求項7記載の半導体レーザ。

【請求項9】活性層がInGaAsPの単層或はInGaAs(P)を井戸層に持つ量子井戸構造より成り、クラッド層がInPより成り、第1と第2の薄膜層がInPとInGaAsPより成ることを特徴とする請求項7

記載の半導体レーザ。

【請求項10】第1と第2の薄膜層の厚みが、約40nm以下であることを特徴とする請求項9記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信、光情報処理等に用いられる半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】光通信や光情報処理では、アナログやデジタルの光信号を光ファイバケーブルで送る。ところが、長距離を伝送する場合、光信号が減衰するので、途中で増幅する必要がある。光ファイバ増幅器は、その様な目的で開発されたもので、波長1.55 μ mの光信号を1000倍に増幅できる。この増幅器の主な構成部品は、エルビウムを添加した約50mの光ファイバ（以下、「エルビウム添加光ファイバ」と記す。）

と、波長1.48 μ m又は0.98 μ mで150mW以上の光出力を出す半導体レーザ（以下、「励起用半導体レーザ」と記す。）である。

【0003】この励起用半導体レーザの光を、エルビウム添加光ファイバに入れると、エルビウム原子内の電子が励起されて、ある励起準位にたまる。よって、光信号がエルビウム添加光ファイバに入射すると、誘導放出が起こり、光信号を増幅できる訳である。よって励起用半導体レーザの光出力が強いほど励起される電子の数が増え、増幅率が向上する。

【0004】図8の断面図は、励起用半導体レーザの従来例を示す（例えば、アドバンス・プログラム・オブ・オブティカル・ファイバ・コミュニケーション・コンファレンス1992、45頁、または、電子情報通信学会技術研究報告OQE91-97、55頁）。801は波長1.48 μ mのレーザ光を出射するInGaAsP多重量子井戸層である。この層は3層からなり、その中央の層は、厚み2.4から6.8nmの5層の歪入りInGaAsP井戸層と、それらの間を仕切るInGaAsPバリア層（厚み15nm、組成波長1.2 μ m）から成る活性層で、この層が光を発生する。組成波長とは、禁制帯幅を対応する光子の波長に直したものである。残りの2層は、厚み150nm、組成波長1.2 μ mの導波路層である。

【0005】802、803、804、805は、それぞれp型InPクラッド層、n型InPクラッド層、n型InP電流阻止層、p型InP電流阻止層である。これらの層は屈折率が多重量子井戸層801より低い。n型InPクラッド層803の一部と多重量子井戸層801は図のように凸部を形成しており（以下、この形を「メサ」と記す。）、このメサは紙面に垂直方向に帯状に延びている（以下、この帯状の形状のことを「ストライプ」と記す。）。レーザ光の感じる屈折率の横方向の

分布を示したのが、図10の下図である。図の横軸中の0は活性層の中心を示している。メサの部分で、屈折率が高くなっている。この時、同図の上に示したように、光強度分布が単峰型の基本モードで、活性層の中心で強度が最大になる。レーザ光はこの状態で多重量子井戸層801に沿って素子内を伝搬していく。

【0006】また、電流阻止層804、805は、電流の流れに対しpn接合が逆向きになるよう配置されているため、接合面811を横切って流れる漏洩電流812を大部分防ぎ、電流が多重量子井戸層801以外を通るのを阻止する。漏洩電流には、矢印810で示したような、p型InP電流阻止層中805を流れるものもある。

【0007】806はp型InGaAsコンタクト層でp型電極807との接触抵抗を低減するためのものである。808はn型InP基板、809はn型電極である。この素子の出射端面とその反対側の端面には、それぞれ反射率3%の低反射率膜と、反射率80%以上の高反射率膜とが形成され、出射側にレーザ光がより多く出てくる様にしている。共振器長は900 μ mである。

【0008】図9は、図8の素子の25度での光出力対電流特性を示す。1アンペアの電流で約250mWの光出力が得られている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】既に述べたが、光ファイバー増幅器の増幅率を向上するには、励起用半導体レーザの光出力を上げる必要がある。ところが、光出力は半導体レーザ自身の発熱によって飽和してしまう。よって、効果的な放熱が出来る構造にする必要がある。このため、従来は共振器長を伸ばして、素子とヒートシンクの接触面積を増やしてきた。上述した従来例も共振器長を1.5mmに伸ばすと、光出力は310mWまで上がる。しかし、共振器長を伸ばすと外部微分量子効率が落ちてくる。従って、余り長くしすぎると、所望の光出力を得るための注入電流量が大きくなりすぎて、発熱量が増し、選って得られる光出力が落ちる。

【0010】よって、次に考えられる方法は、多重量子井戸層の幅を広くすることである。これは、電流の流れる経路が太くなるため、ジュール熱の発生が抑えられることと、発熱する部分の幅が広がるため、熱の逃げる経路の幅も広がり、ヒートシンクへの放熱の効率が向上することの二つの理由による。ところが、図8の構造で多重量子井戸層801の幅を広くすると、図11の下図中の屈折率差が大きすぎ、高出力時に横モードが高次に移ってしまう。例えば同図の上に示した様に、光強度分布が双峰型の1次モードになってしまう。この状態では、出射光が2本のビームに分かれてしまい、光ファイバーに結合出来ない。

【0011】さらに他の課題として、上述の2種類の漏洩電流を低減する必要がある。何故ならば、1アンペア

程度の大きな電流を供給するので、その一部にすぎない漏洩電流で発生するジュール熱も無視できなくなってくるからである。しかも、温度が上がると、p型InP電流阻止層中805とn型InPクラッド層803、n型InP基板808との間の立ち上がり電圧が下がり、更に沢山の漏洩電流801が流れるようになってしまう。漏洩電流810が増えたと、p型InPクラッド層802、n型InP電流阻止層804、p型InP電流阻止層805、n型InPクラッド層803、n型InP基板808で構成されるサイリスタに徐々に電流が流れるようになり、更に発熱が起こる。

【0012】即ち、本発明が解決しようとする課題は、二つである。一つは、高出力化のために、多重量子井戸層を広くしても、単峰型の光強度分布が保たれる構造を提供することである。他は、漏洩電流を低減する手段を低減することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決する手段として、本発明は2つの構造を提供する。

【0014】第1の構造では、活性層の上下にそれぞれクラッド層及び導波層があり、活性層と導波層の界面或いは導波層中にエッチングストップ層があり、このエッチングストップ層より上の層はストライプ状のメサに加工され、メサの側面と前記エッチングストップ層の表面には、相異なる導電型の薄膜層が交互に積層されて成る電流阻止層が形成されている。エッチングストップ層の厚みは、導波するレーザ光の垂直方向の光強度分布を乱さない程度に薄い。導波層の屈折率は、その下に有る半導体基体と前記電流阻止層より高い。

【0015】第2の構造では、半導体基体上に、活性層とそれを上下から挟むクラッド層を有するストライプ状のメサと、その側面に形成された電流阻止層がある。電流阻止層は、互いに組成の異なる薄膜層が交互に積層された多層構造より成り、導電型が多層構造の途中で少なくとも1回反転している。電流阻止層の等価屈折率はクラッド層と半導体基体より高く、且つ前記メサの等価屈折率より低い。ここで、等価屈折率とは、複数の層が十分に薄いときに光が感じる平均的な屈折率のことである。

【0016】

【作用】まず、上記の二つの構造に共通した作用を以下に記す。

【0017】一つ目は、高出力動作下でも基本モードが維持され、従来より遥かに高い光出力が安定して得られることである。何故ならば、第1の構造の導波層及び第2の構造の電流阻止層は、メサ横に広く延在し、その上下に有るクラッド層と半導体基体より屈折率が高い。よって、横方向の屈折率差が図11より低くなるので、メサ幅を広げても、高次モードは放射モードになり活性層を伝搬せず、基本モードのみが伝搬できるからである。

【0018】二つ目は、図8の矢印810で示したような漏洩電流を一桁以上低減出来ることである。これは、電流阻止層を構成する薄膜の厚みが従来より一桁以上薄いため、この層の電気抵抗が一桁以上高くなるためである。第1の構造では、導波層の禁制帯幅が半導体基体より狭くなり、従来例よりも漏洩電流に対する立ち上がり電圧が若干下ってしまうが、この高抵抗により、漏洩電流はやはり一桁以上低減される。

【0019】三つ目は、図8のサイリスタ動作で流れる矢印812で示したような漏洩電流を抑えることが出来ることである。これは、上述のしたように矢印810のような漏洩電流が減るため、サイリスタ動作をしないためである。さらに、第1の構造では、電流阻止層が多数のpn薄膜層で構成されているので、多数のpn接合を持つサイリスタのような構造になっており、矢印810のような漏洩電流が流れるのは、メサに接した層のみで、その他の層には流れないので、サイリスタがオンすることは絶対に起こらない。

【0020】次に、第1の構造のみの持つ作用を以下に記す。一つ目は、エッチングストップ層を薄くしているため、光はこの層の屈折率を感じず、縦方向の光強度分布が、容易に単峰型になることである。例えば、活性層と導波層がInGaAsPで、エッチングストップ層がそれよりも屈折率が低いInPなどの場合、エッチングストップ層の厚みが、素子中のレーザ光の波長の約4分の1（100nm程度）以上あると、縦方向の光強度分布は、活性層と導波層のそれぞれに極大値を持つ双峰型になってしまう。よって、エッチングストップ層の厚みは波長の約4分の1以下にすべきであり、特に約20分の1（20nm程度）以下であると極めて安定して、単峰型の光強度分布が得られる。

【0021】二つ目は、延在する導波層の厚みのみで横方向の屈折率差制御が出来ることである。即ち、メサ幅を変えても導波層の厚みを調整するだけで最適設計が出来る。さらに、パラメータがメサ幅と導波層の厚みだけなので、量産しても安定して高い歩留まりが得られる。

【0022】最後に、第2の構造のみの持つ作用を以下に記す。一つ目は、電流阻止層を構成する2種類の薄膜層の組成が互いに異なるため各層の接合面に、伝導帯、価電子帯中の不連続が出来、この接合面を横切る漏洩電流を容易に阻止できる。

【0023】二つ目は各層の厚みを変えることで、メサ幅に応じた最適の光の閉じ込めが可能なことである。即ち、隣合う層の膜厚比を変えることで容易に等価屈折率を変えることが出来る。また、膜厚比を徐々に変えることで、等価屈折率を横方向に傾斜させることもでき、最適な光の閉じこめ状態を設計することが出来る。薄膜層の厚みが、素子中のレーザ光の波長の約4分の1（100nm程度）以上あると、レーザ光は各層の屈折率を感じるようになってしまうので、厚みはそれ以下にすべき

であり、特に約10分の1（40nm程度）以下であると全く一様の材質のように感じる。

【0024】

【実施例】図1は本発明の第1の構造の1実施例の構造を、レーザ光の進行方向に垂直な断面で示した断面図である。101は波長1.48 μ mのレーザ光を出射するInGaAsP多重量子井戸から成る活性層である。この層は、厚み3nmの5層の歪入りInGaAsP井戸層と、それらの間を仕切るInGaAsPバリア層（厚み10nm、組成波長1.2 μ m）から成る。102は、厚み150nm、組成波長1.2 μ mのn型InGaAsPから成る導波層である。103は厚み10nmのn型InPから成るエッチングストップ層である。104、105は、それぞれ厚み0.2 μ mのp型InPクラッド層、厚み1 μ mのn型InPクラッド層である。

【0025】これら101から105の層はn型InP基板106の上に一様に有機金属気層成長法で形成される。その後、幅7 μ mのSiO₂ストライブを表面に形成し、塩酸と水の混合液でp型InPクラッド層104を選択的にエッチングし、次に硫酸と過酸化水素水と水の混合液或いは硝酸と水の混合液で、活性層101をエッチングする。塩酸と水の混合液はInPのみを選択的にエッチングし、InGaAsPをエッチングしない。また、硫酸と過酸化水素水と水の混合液と硝酸と水の混合液はInGaAsPのみを選択的にエッチングし、InPをエッチングしない。エッチングストップ層103は、硫酸と過酸化水素水と水の混合液や硝酸と水の混合液のエッチングを抑え、導波層102が侵されないようにすることが出来る。よって、図に示したようなp型InPクラッド層104と活性層101から成る幅5 μ mのメサが容易に作成される。

【0026】SiO₂ストライブを残したまま、有機金属気層成長法で、電流阻止層107を形成する。この層は厚み70nmのInP薄膜が下からpnpnの順で積層されたものである。次に、SiO₂ストライブを除去し、有機金属気層成長法で厚み3 μ mのp型InP外部クラッド層108と、厚み1 μ mのp型InGaAsコンタクト層109を形成する。コンタクト層109は、p型電極110との接触抵抗を低減するためのものである。次に、n型InP基板106の裏面を研磨で削り、厚みを120 μ mまで薄くした後、n型電極111を形成してウエハプロセスが完了する。共振器長が0.9mmになるようにへき開し、出射端面とその反対側の端面には、それぞれ反射率3%の低反射率膜と、反射率80%以上の高反射率膜とを形成し、出射側にレーザ光がより多く出てくる様にする。最後に素子分離後、ヒートシンク上に組み立てる。

【0027】図2の右図はメサの中央での縦方向の屈折率分布である。0は活性層の中心を意味する。もし、エ

エッチングストップ層が厚く、素子中のレーザ光の波長の約4分の1（100nm程度）以上あると、レーザ光はこの層の存在を感じ、縦方向の光強度分布は、屈折率の高い活性層と導波層のそれぞれに極大値を持つ双峰型になってしまう。この状態では、出射光が縦方向に2本のビームに分かれてしまい、光ファイバーに結合出来ない。この実施例の場合、エッチングストップ層は10nmで、素子中のレーザ光の波長の約40分の1であるので、レーザ光はこの層の存在を感じず、縦方向の光強度分布は、図2の左図の様に単峰型になる。約20分の1（20nm程度）以下であると極めて安定して、単峰型の光強度分布が得られる。

【0028】図3の下図は、レーザ光の感じる屈折率の横方向の分布を示している。図の横軸中の0は活性層の中心を示している。メサの有る部分で、屈折率が高くなっているのは図11の従来例と同じであるが、その両脇の屈折率は図11より高くなっている。何故ならば、メサ横に広く延在する導波層103が、その上下の層より屈折率が高い。よって、このメサ横の部分でも、図2の左図に類似した光強度分布をしており、等価屈折率がInPより高くなるからである。

【0029】以上のことから、横方向の屈折率差は図11より低くなり、メサ幅を広げても、高次モードは放射モードになり活性層を導波せず、図3の上図に示した単峰型の光強度分布を持つ基本モードのみが活性層を導波できる。よって、高出力動作下でも基本モードが維持され、従来より遥かに高い光出力が安定して得られる。

【0030】この様に、従来に比べ3倍以上の幅の活性層幅が達成されると、電流注入による発熱はこの層内に一様に分散して起こるので、温度上昇は少なく、且つp型電極110側にあるヒートシンクへの放熱経路の幅も3倍以上になるので、放熱の効率も格段に改善される。従って、従来に比べ、最初の温度上昇が少なく且つ放熱の効率が良いという2重の改善によって、この実施例の活性層の温度上昇は極めて小さく抑えられる。

【0031】更に、以下に示す理由により漏洩電流が大幅に減り、これによる発熱も殆ど無くなる。

【0032】導波層102が、組成波長1.2μmのn型InGaAsPであり禁制帯幅が、従来例のInP基板より狭くなってしまい、従来例よりも漏洩電流に対する立ち上がり電圧が下ってしまう。しかし、前述のように、電流阻止層107を構成するInP薄膜の厚みは70nmで、従来より一桁以上薄いので、この層の電気抵抗は一桁以上高くなる。よって、矢印112で示した漏洩電流は従来より一桁以上低減出来る。

【0033】更に、電流阻止層107が2対の逆バイアスされるInPのpn接合で構成されているので、p型InP外部クラッド層108、電流阻止層107、導波層102は2層のゲートを持つサイリスタのような構造になっている。しかし、下側のゲートには上述のように

微弱な漏洩電流112が流れるのみで、オンするに至らず、更に上側のゲートには電流が流れないので、オンすることはない。よって、従来例の矢印812のようなサイリスタ電流は流れない。

【0034】図4は、この実施例の素子の光出力対電流特性を示している。上記の理由により、500mW以上まで殆ど光出力の飽和は見られず、良く活性層の温度上昇が抑えられていることが分かる。

【0035】さて、図3の屈折率差は、活性層101に対する導波層102の厚みの比を変えることで自由に制御できる。即ち、メサ幅を変えても導波層の厚みを調整するだけで、光強度分布の最適な設計が出来る。また、導波層の厚みを監視するだけで、量産時には安定して高い歩留まりが得られる。

【0036】図5は本発明の第1の構造の他の実施例の構造を、レーザ光の進行方向に垂直な断面で示した断面図である。501は波長1.48μmのレーザ光を出射するInGaAsP多重量子井戸から成る活性層である。この層は、厚み2.5nmの3層の歪入りInGaAsP井戸層と、それらの間を仕切るInGaAsPバリア層（厚み12nm、組成波長1.2μm）から成る。502は、厚み50nm、組成波長1.2μmのn型InGaAsPから成る第2導波層である。503は厚み20nmのn型InPから成るエッチングストップ層である。504は、厚み150nm、組成波長1.2μmのn型InGaAsPから成る第1導波層である。505、506は、それぞれ厚み0.5μmのp型InPクラッド層、厚み1μmのn型InPクラッド層である。

【0037】これら501から506の層はn型InP基板507の上に一様に有機金属気相成長法で形成される。その後、幅10μmのSiO₂ストライブを表面に形成し、塩酸と水の混合液でp型InPクラッド層505を選択的にエッチングし、次に硫酸と過酸化水素水と水の混合液或いは硝酸と水の混合液で活性層501と第2導波層502をエッチングする。上述のように、塩酸と水の混合液はInPのみを選択的にエッチングし、InGaAsPをエッチングしない。また、硫酸と過酸化水素水と水の混合液と硝酸と水の混合液はInGaAsPのみを選択的にエッチングし、InPをエッチングしない。エッチングストップ層503は、硫酸と過酸化水素水と水の混合液や硝酸と水の混合液のエッチングを抑え、第1導波層504が侵されないようにすることが出来る。図1の実施例に比べ、エッチングストップ層503厚いのは、組成波長1.2μmのn型InGaAsPのエッチング速度が、活性層より遅いため、エッチングで完全に無くなるのに時間がかかることを考慮したためである。よって、図に示したようなp型InPクラッド層505、活性層501、第2導波層502から成る幅8μmのメサが容易に作成される。

【0038】 SiO_2 ストライプを残したまま、再び有機金属気層成長法で、電流阻止層508を形成する。この層は厚み100nmで組成波長1.1 μm の InGaAsP 薄膜が下から pnpn の順で8層積層されたものである。この組成の InGaAsP は、 InP より屈折率が高く、活性層と導波層より屈折率が低い。従って、第1の実施例における図3の屈折率差は更に容易に小さくできるので、高次モードを抑えるのに効果的である。しかし、4つの元素を使うので、 InP より成長時の組成の揺らぎに気を配る必要がある。

【0039】次に、 SiO_2 ストライプを除去し、有機金属気層成長法で厚み3 μm のp型 InP 外部クラッド層509と、厚み1 μm のp型 InGaAs コンタクト層510を形成する。コンタクト層510は、p型電極511との接触抵抗を低減するためのものである。次に、n型 InP 基板507の裏面を研磨で削り、厚みを120 μm まで薄くした後、n型電極512を形成してウエハプロセスが完了する。共振器長が、0.9mmになるようにへき開し、出射端面とその反対側の端面には、それぞれ反射率3%の低反射率膜と、反射率80%以上の高反射率膜とを形成し、出射側にレーザ光がより多く出てくる様にする。最後に素子分離後、ヒートシンク上に組み立てる。

【0040】図6の右図はメサの中央での縦方向の屈折率分布である。0は活性層の中心を意味する。上述したように、エッチングストップ層は20nmで、素子中のレーザ光の波長の約20分の1であるので、レーザ光はこの層の存在を感じず、縦方向の光強度分布は、図2の左図の様に単峰型になる。

【0041】図3の下図は、レーザ光の感じる屈折率の横方向の分布と光強度分布は、図3と同様である。よって、高出力動作下でも基本モードが維持され、従来より遥かに高い光出力が安定して得られる。また、第1の実施例と同様に、従来に比べ、最初の温度上昇が少なく且つ放熱の効率が良いという2重の改善によって、この実施例の活性層の温度上昇は極めて小さく抑えられる。

【0042】更に、以下に示す理由により漏洩電流が大幅に減り、これによる発熱も殆ど無くなる。

【0043】導波層502が、組成波長1.2 μm のn型 InGaAsP で、且つ電流阻止層508が組成波長1.1 μm のn型 InGaAsP であるので、禁制帯幅が、従来例の InP 基板より狭くなってしまい、従来例よりも漏洩電流に対する立ち上がり電圧が下がってしまう。しかし、前述のように、電流阻止層508を構成する InP 薄膜の厚みは100nmで、従来より一桁以上薄いので、この層の電気抵抗は一桁以上高くなる。よって、矢印513で示した漏洩電流は従来より一桁以上低減出来る。

【0044】更に、電流阻止層107が4対の逆バイアスされる pn 接合で構成されているので、p型 InP 外

部クラッド層509、電流阻止層508、第2導波層503は4層のゲートを持つサイリスタのような構造になっている。最下部のゲートには上述のように微弱な漏洩電流112が流れるのみで、オンするに至らず、更に上側のゲートには電流が流れないので、オンすることはない。よって、従来例の矢印812のようなサイリスタ電流は流れない。

【0045】この実施例の素子の光出力対電流特性は、図4に類似しており、500mW以上でも殆ど光出力の飽和は見られず、良く活性層の温度上昇が抑えられていることを示す。

【0046】さて、横方向の屈折率差は、活性層501に対する導波層502の厚みの比を変えても、電流阻止層508の組成を変えても制御できる。さらに、縦方向の光強度分布は、第2導波層504の屈折率を、第1導波層502より下げて制御する事ができる。

【0047】図7は本発明の第2の構造の実施例の構造を、レーザ光の進行方向に垂直な断面で示した断面図である。701は波長1.48 μm のレーザ光を出射する InGaAsP 多重量子井戸から成る活性層である。この層は、厚み3nmの5層の歪入り InGaAsP 井戸層と、それらの間を仕切る InGaAsP バリア層(厚み10nm、組成波長1.2 μm)から成る。702、703は、それぞれ厚み0.2 μm のp型 InP クラッド層、厚み1 μm のn型 InP クラッド層である。

【0048】これら701から703の層はn型 InP 基板704の上に一様に有機金属気層成長法で形成される。その後、幅7 μm の SiO_2 ストライプを表面に形成し、例えば、酢酸と塩酸と過酸化水素の混合液でエッチングすると、図に示したような幅5 μm のメサが容易に作成される。

【0049】 SiO_2 ストライプを残したまま、再び有機金属気層成長法で、p型電流阻止層705とn型電流阻止層706を形成する。これらの2層は厚み50nmで組成波長1.2 μm のn型 InGaAsP と InP 薄膜を交互に下から積層したものである。次に、 SiO_2 ストライプを除去し、有機金属気層成長法で、厚み3 μm のp型 InP クラッド層707と、厚み1 μm のp型 InGaAs コンタクト層708を形成する。コンタクト層708は、p型電極709との接触抵抗を低減するためのものである。次に、n型 InP 基板704の裏面を研磨で削り、厚みを120 μm まで薄くした後、n型電極710を形成してウエハプロセスが完了する。共振器長が、0.9mmになるようにへき開し、出射端面とその反対側の端面には、それぞれ反射率3%の低反射率膜と、反射率80%以上の高反射率膜とを形成し、出射側にレーザ光がより多く出てくる様にする。最後に素子分離後、ヒートシンク上に組み立てる。

【0050】レーザ光の感じる屈折率の横方向の分布は、図3の下図と同じになる。これは、各薄膜層が十分

に薄いので、光の感じる電流阻止層の屈折率は薄膜層の屈折率の平均になるからである。薄膜層の厚みが、素子中のレーザ光の波長の約4分の1（100nm程度）以上あると、レーザ光は各層の屈折率を感じるようになってしまうので、厚みはそれ以下にすべきであり、特に約10分の1（40nm程度）以下であると全く一様の材質のように感じる。

【0051】以上のことから、本実施例においても、横方向の屈折率差は図11より低くなり、メサ幅を広げても、高次モードは放射モードになり活性層を導波せず、図3上図に類似した単峰型の光強度分布を持つ基本モードのみが活性層を伝搬できる。よって、高出力動作下でも基本モードが維持され、従来より遥かに高い光出力が安定して得られる。

【0052】従来に比べ3倍以上の幅の活性層幅が達成されているので、先の実施例と同様、電流注入による発熱はこの層内に一様に分散して起こるので、温度上昇は少なく、且つp型電極709側にあるヒートシンクへの放熱経路の幅も3倍以上になるので、放熱の効率も格段に改善される。従って、従来に比べ、最初の温度上昇が少なく且つ放熱の効率が良いという2重の改善によって、この実施例の活性層の温度上昇は極めて小さく抑えられる。

【0053】更に、以下に示す理由により漏洩電流が大幅に減り、これによる発熱も殆ど無くなる。

【0054】前述のように、p型電流阻止層705は、組成が互いに異なる2種類の薄膜が交互に積層されているため、各層の接合面に、伝導帯、価電子帯中の不連続が出来、電流は接合面を横切れない。従って、図8の矢印810に相当する漏洩電流は矢印711の様にメサに接するn型InGaAsP薄膜層にしか流れない。この層の厚みは100nmで、従来より一桁以上薄いので、この層の電気抵抗は一桁以上高くなる。よって、矢印711で示した漏洩電流は従来より一桁以上低減出来る。

【0055】更に、漏洩電流711が小さいので、p型InP外部クラッド層707、電流阻止層705、706、n型InPクラッド層で構成されるサイリスタは、オンするに至らず、従来例の矢印812のようなサイリスタ電流は殆ど流れない。この実施例ではp型電流阻止層とn型電流阻止層が1層ずつしかないが、交互に2層以上ある場合は、第1の構造で説明した理由と同じ理由で、サイリスタ電流は全く流れない。

【0056】図4は、この実施例の素子の光出力対電流特性は、図4と類似しており、上記の理由により、500mW以上まで殆ど光出力の飽和は見られず、良く活性層の温度上昇が抑えられていることが分かる。

【0057】さて、この構造では、電流阻止層中の各薄膜層の厚みを変えることで、メサ幅に応じた最適の光の閉じ込めが可能である。即ち、メサ幅が狭いときは、活性層への光の閉じ込め率を上げるため、InGaAsP

層を薄く、InP層を厚くして等価屈折率を下げ、メサの部分とその両脇の部分の屈折率差を上げれば良い。逆に、メサ幅を広げたいときは、活性層への光の閉じ込め率を下げるため、InGaAsP層を厚く、InP層を薄くして等価屈折率を上げ、メサの部分とその両脇の部分の屈折率差を下げれば良い。

【0058】また、膜厚比を徐々に変えることで、等価屈折率を横方向に傾斜させることもでき、用途に応じて最適な光の閉じこめ状態を設計することが出来る。

【0059】尚、上記の実施例は、すべて波長1.48μmのInGaAsP系で記したが、本発明の効果は例えば、その他の波長のInGaAsP系やInGaAsを井戸層に持つレーザばかりでなく、AlGaAs系、AlGaInP系、さらにはIII-V族以外の材料のレーザ素子にも適用出来るのは言うまでもない。

【0060】また、本発明の効果は、図1、図5のエッチングストップ層がメサの横でエッチングにより無くなっていても同様に得られることは言うまでもない。

【0061】尚、本実施例を構成する層の電気的特性を反転させても、本発明の効果は同様に得られることは言うまでもない。

【0062】また、ここでは活性層に多層量子井戸構造を用いたが、単層で構成される活性層を持つレーザに本発明による構造を導入しても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0063】尚、本発明で作製されるレーザの用途は光ファイバー増幅器用に限定されるものではなく、光通信、光ディスク、レーザプリンター等への光源としても使えることは言うまでもない。

【0064】

【発明の効果】本発明によれば、放熱に優れて、高出力動作下でも基本モードが維持されて、漏洩電流が低減でき余分な発熱を抑えることが出来、その結果、従来より遥かに高い光出力を安定して出射する半導体レーザが容易に得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の素子構造の1実施例を示した断面図

【図2】図1の素子構造で、メサの中央での縦方向の屈折率分布と光強度分布を示す

【図3】図1の素子構造で、横方向に光が感じる屈折率分布と光強度分布を示す

【図4】図1の素子の光出力対電流特性を示す

【図5】本発明の第1の素子構造の他の実施例を示した断面図

【図6】図5の素子構造で、メサの中央での縦方向の屈折率分布と光強度分布を示す

【図7】本発明の第2の素子構造の実施例を示した断面図

【図8】従来の半導体レーザの構造を示した断面図

【図9】従来の素子の光出力対電流特性を示す

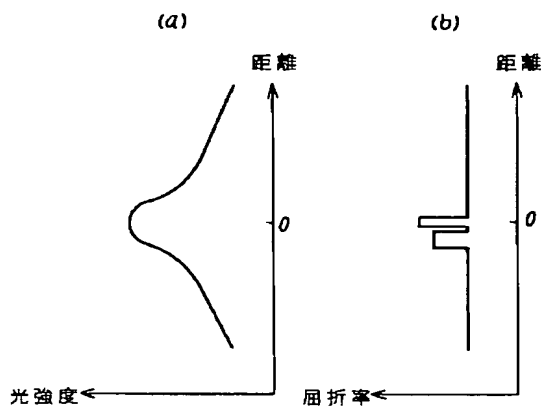
【図10】従来の素子で、横方向に光が感じる屈折率分布と光強度分布を示す

【図11】従来の素子のメサ幅を広げたときの、横方向に光が感じる屈折率分布と光強度分布を示す

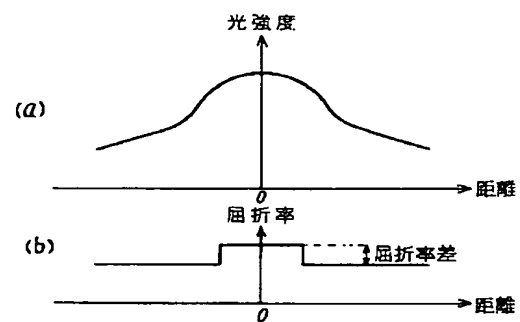
【符号の説明】

101	活性層	510	p型InGaAsコンタクト層
501	活性層	708	p型InGaAsコンタクト層
701	活性層	110	p型電極
102	導波層	511	p型電極
103	エッチングストップ層	709	p型電極
503	エッチングストップ層	111	n型電極
104	p型InPクラッド層	512	n型電極
505	p型InPクラッド層	710	n型電極
702	p型InPクラッド層	112	漏洩電流
105	n型InPクラッド層	513	漏洩電流
506	n型InPクラッド層	711	漏洩電流
703	n型InPクラッド層	502	第2導波層
106	n型InP基板	504	第1導波層
507	n型InP基板	705	p型電流阻止層
704	n型InP基板	706	n型電流阻止層
107	電流阻止層	801	多重量子井戸層
508	電流阻止層	802	p型InPクラッド層
108	p型InP外部クラッド層	803	n型InPクラッド層
509	p型InP外部クラッド層	804	n型InP電流阻止層
707	p型InP外部クラッド層	805	p型InP電流阻止層
109	p型InGaAsコンタクト層	806	p型InGaAsコンタクト層
		807	p型電極
		808	n型InP基板
		809	n型電極
		810	漏洩電流
		812	漏洩電流
		811	接合面

【図2】

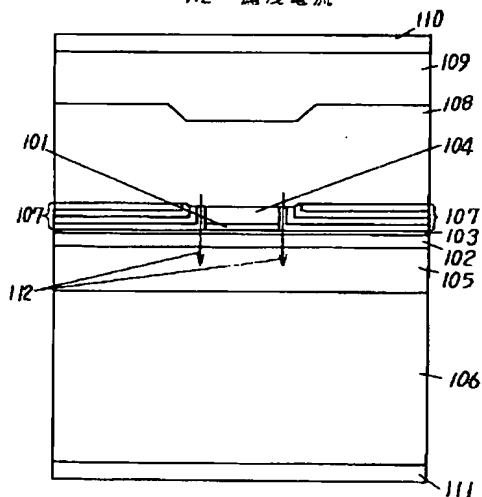


【図3】

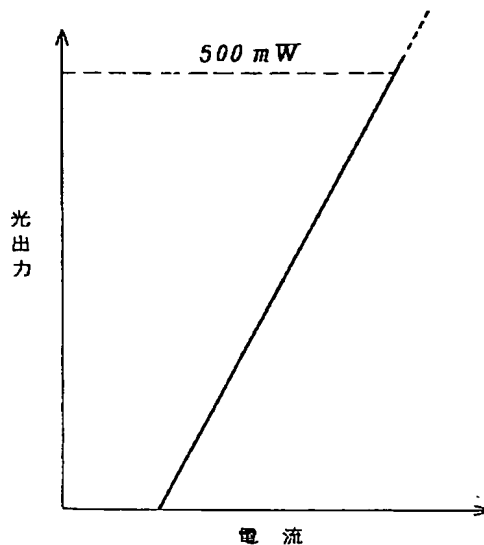


【図1】

- 101 活性層
- 102 導波層
- 103 エッチングストップ層
- 104 p型InPクラッド層
- 105 n型InPクラッド層
- 106 n型InP基板
- 107 電流阻止層
- 108 p型InP外部クラッド層
- 109 p型InGaAsコンタクト層
- 110 p型電極
- 111 n型電極
- 112 漏洩電流

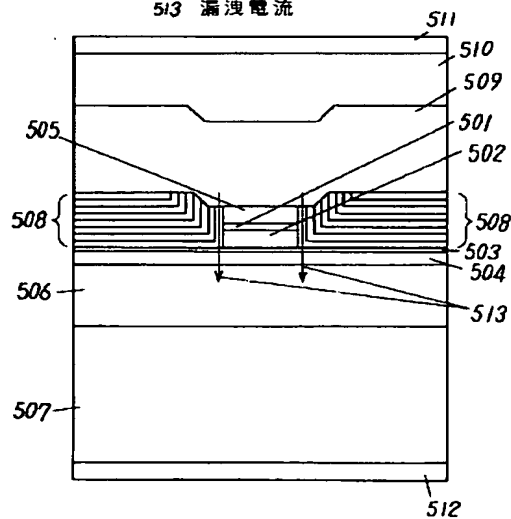


【図4】

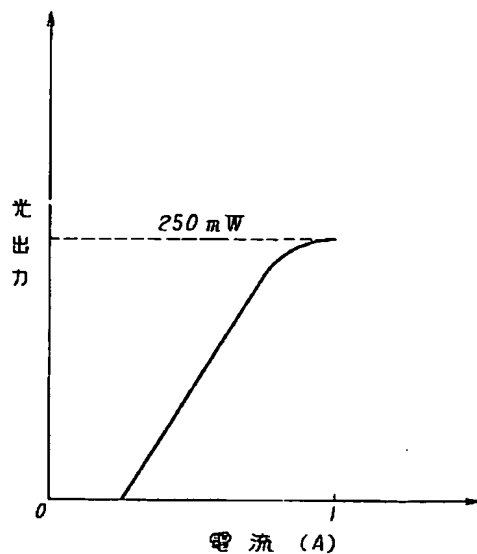


【図5】

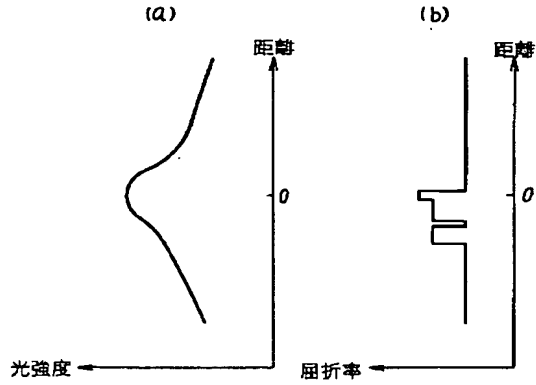
- 501 活性層
- 502 第2導波層
- 503 エッチングストップ層
- 504 第1導波層
- 505 p型InPクラッド層
- 506 n型InPクラッド層
- 507 n型InP基板
- 508 電流阻止層
- 509 p型InP外部クラッド層
- 510 p型InGaAsコンタクト層
- 511 p型電極
- 512 n型電極
- 513 漏洩電流



【図9】

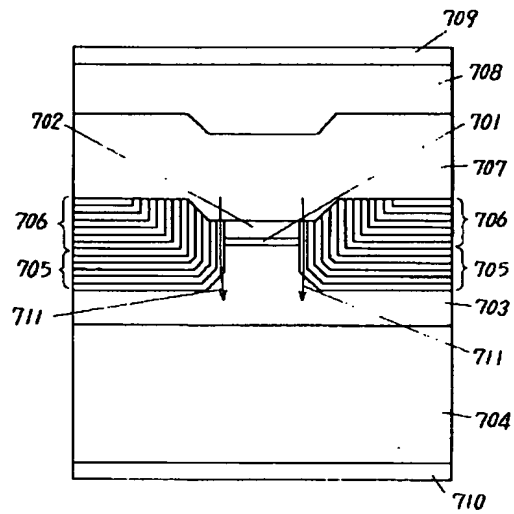


【図6】



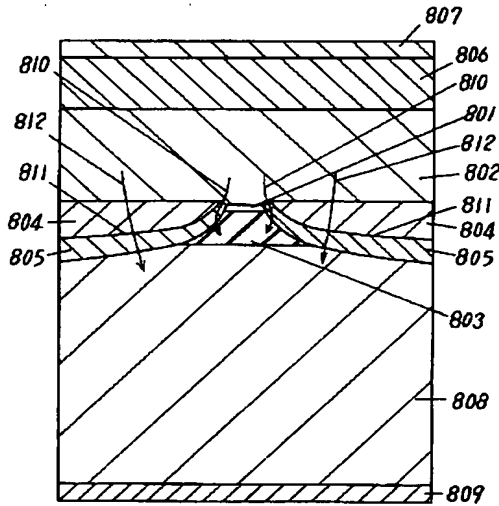
【図7】

- 701 活性層
- 702 p型InPクラッド層
- 703 n型InPクラッド層
- 704 n型InP基板
- 705 p型電流阻止層
- 706 n型電流阻止層
- 707 p型InP外部クラッド層
- 708 p型InGaAsコンタクト層
- 709 p型電極
- 710 n型電極
- 711 漏洩電流

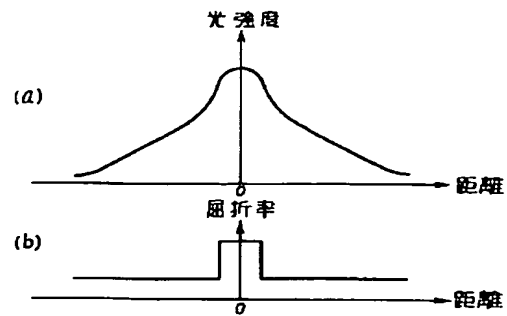


【図8】

- 801 多重量子井戸層
- 802 p型InPクラッド層
- 803 n型InPクラッド層
- 804 n型InP電流阻止層
- 805 p型InP電流阻止層
- 806 p型InGaAsコンタクト層
- 807 p型電極
- 808 n型InP基板
- 809 n型電極
- 810, 812 漏洩電流
- 811 接合面



【図10】



【圖11】

